

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки/профиль 03.06.01 Физика и астрономия  
Школа ИШЯТ  
Отделение ОЯТЦ

**Научный доклад об основных результатах подготовленной  
научно-квалификационной работы**

Тема научного доклада
<b>Масс-спектрометрия изотопов актиноидов в отработавшем и регенерированном ядерном топливе</b>

УДК 621.039.736:546.790.543.51

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A5-05	Громов Валерий Олегович		

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ведущий эксперт	Потылицын А.П.	д.ф.-м.н.		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель отделения ОЯТЦ	Горюнов А.Г.	д.т.н.		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель отделения ОЕН	Шаманин И.В.	д.ф.-м.н.		

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Актуальность проблемы**

К настоящему времени в Российской Федерации в целом накоплено около 30 тыс. т ОЯТ. С учетом дальнейшего увеличения в Российской Федерации количества блоков АЭС, предусмотренного программой развития атомно – энергетического комплекса, темпы накопления ОЯТ будут увеличиваться. В связи с этим, была сформирована стратегия обращения с ОЯТ на период до 2020 года и на перспективу до 2030 года, которая предполагает разработку новых технологий по переработке и производству регенерированного ядерного топлива с целью возврата делящихся материалов в ЯТЦ. Однако вторичное топливо имеет определенные особенности, отсутствующие у свежего обогащенного топлива на основе природного урана. Данные особенности проявляются в накоплении «вредных» четно – четных изотопов урана, отсутствующих в первоначальной загрузке свежего топлива в ядерный реактор. Их присутствие может негативно сказываться на нейтронно – физических характеристиках реакторных установок и экономике ЯТЦ в целом. Для оценки величины компенсации необходимо с высокой точностью знать их содержание. В связи с этим контроль изотопного состава в регенерированных ядерных материалах является актуальной задачей.

**Во введении** обосновывается актуальность исследований, направленных на применение масс – спектрометрического метода анализа для контроля содержания изотопов урана и плутония в отработавшем и регенерированном ядерном топливе. Сформулированы цели работы и решаемые задачи, указана научная новизна и рассмотрена практическая ценность. Изложены основные положения, выносимые автором на защиту.

**В первой главе** рассмотрено изменение состава ядерного топлива после его облучения в активной зоне реактора. Собраны и проанализированы данные об изотопном составе урана и плутония в отработавшем ядерном топливе реакторных установок ВВЭР-1000 и РБМК-1000. Проведен анализ возможностей  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $n$  – спектрометрии и масс-спектрометрии с поверхностной/термической ионизацией (ТИМС) при определении изотопного состава регенерированных урана и плутония после переработки топлива реакторов на тепловых нейтронах.

Рассмотрены основные стадии метода ТИМС, источники неопределенностей возникающих при измерении изотопного состава актиноидов. Проведен обзор существующих решений по оптимизации указанных стадий масс-спектрометрического анализа применительно к измерению урана и плутония.

**Во второй главе** приведены используемые в ходе выполнения экспериментов материалы, реактивы и оборудование. Рассмотрены основные характеристики применяемого изотопного масс-спектрометра Thermo Scientific Triton plus. Описаны методики подготовки контрольных образцов. Приведена методика нанесения анализируемого раствора на испаритель.

**В третьей главе** осуществлен поиск оптимальных условий измерения изотопного состава урана и плутония с целью применения разработанной методики в рутинных анализах радиохимического производства. Предложен способ модификации интегрального метода измерений. Представлены результаты, полученные с помощью усовершенствованной методики.

Вторая половина главы содержит результаты исследований по влиянию наложений сигналов изотопов с одинаковыми массовыми числами на изотопные отношения урана, плутония и на их общее содержание в пробе. Для получения индивидуальных фракций актиноидов был разработан экспрессный метод экстракционной хроматографии. Работоспособность схемы проверена для отношений урана к плутонию от 5 до 70.

**В четвертой главе** представлены результаты экспериментального исследования изотопного состава урана и плутония в реальных образцах отработавшего ядерного топлива. На основании полученных данных и паспортных характеристик на ОТВС ВВЭР – 1000 произведен расчет изменения изотопного состава в процессе облучения в реакторной установке. Для расчета использовались программы MCU и WIMS. Также были проведены расчеты изменения нуклидного состава в течение выдержки ОЯТ после извлечения из РУ. Проведен сравнительный анализ полученных данных с представленными в литературных источниках данными.

**В заключении** приведены основные выводы и результаты проведенной научно – квалификационной работы.